

Normas

Son:

ACUERDOS VOLUNTARIOS

Entre:

las partes interesadas en un tema (gobierno, consumidores, empresas, institutos de investigación, etc.).

Se redactan en:

organismos de normalización nacionales (IRAM, BS, VDE, UNE, etc.) o internacionales (IEC, ISO) que reúnen a las partes, coordinan los esfuerzos/voluntades y las generan/publican.

Definen:

términos: los que se utilizan en las mismas normas

límites: a los que se deben ajustar los parámetros definidos

procedimientos: para verificar todo lo anterior

Leyes, decretos resoluciones o disposiciones pueden hacer OBLIGATORIOS los acuerdos voluntarios alcanzados en las normas

Incertidumbre

Definición según norma IRAM 35050

Incertidumbre: Parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente puede tener el mensurando.

No usamos la definición de error ($e = \text{valor real} - \text{valor medido}$) porque no conocemos el valor real. En cambio con la definición de incertidumbre no es necesario conocer el valor real.

La incertidumbre nos da una referencia de las mediciones que realizamos.

Las normas son documentos de consulta, lo que se paga son los ejemplares de la misma.

Normativa en Incertidumbre

- ▶ Ante la necesidad de uniformar criterios en la evaluación de la incertidumbre el BIPM aprobó en 1981 una recomendación del grupo de trabajo de 1980.
- ▶ En 1993 diferentes organismos internacionales (BIPM, ISO, IEC, OIML, etc.) generaron conjuntamente la 'Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones' (GUM: uidelines for evaluating and expressing the uncertainty of measurements)
- ▶ En nuestro país la norma IRAM 35050 (Procedimientos para la evaluación de la incertidumbre de la medición) sigue exactamente esa guía.

Definición de términos. IRAM 35050

► Magnitud:

Atributo de un fenómeno o cosa que puede ser definido cualitativa y cuantitativamente. (Ejemplos: longitud, longitud de una mesa)

► Valor:

Expresión cuantitativa de una magnitud.

► Valor verdadero:

Es el resultado de una medición perfecta de una magnitud.

► Medición:

Conjunto de operaciones a efectuar para obtener el valor de una magnitud.

► Principio de medición:

Bases científicas de lo anterior.

► Método de medición:

Secuencia lógica de las operaciones realizadas en una medición.

Definición de términos. IRAM 35050

► Mensurando:

Magnitud que se va a medir.

Se requiere una descripción con la **mayor cantidad de detalles posibles**.

Cuanto menos incertidumbre se quiera que tenga la magnitud del mensurando más información será requerida, la "falta" de detalles **aumentará** la incertidumbre.

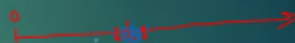
Ejemplo:

- I. la velocidad del sonido en el aire.
- II. La velocidad del sonido en el aire a 1 atmósfera de presión.
- III. La velocidad del sonido en el aire a 1 atmósfera y a 0 grados de temperatura.
- IV. La velocidad del sonido en una mezcla de N₂ (0.7808) y O₂ (0.2095) CO₂ (0.00035) Ar (0.00935) Con P=101325 Pa y T=273.16K.

Definición de términos. IRAM 35050

► Resultado de una medición:

Valor del mensurando obtenido por la medición.



► Exactitud de la medición:

Proximidad entre el resultado de la medición y el valor verdadero del mensurando. (Es una cualidad de la medición: no es precisión)

► Repetibilidad de la medición:

Proximidad entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando. (realizadas en las mismas condiciones)

Alguna definición adicional

► Resolución:

Mínima diferencia entre valores indicados por un instrumento.

NOTA: Una buena resolución es condición necesaria pero no suficiente para obtener exactitud en una medición.

► Sensibilidad:

El valor más pequeño distinto de cero que un instrumento puede indicar.

Definición de términos. IRAM 35050

- **Incertidumbre:** Parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente puede tener el mensurando.
- Puede asociarse, por ejemplo, al desvío estándar en cuyo caso hablamos de **incertidumbre estándar**.
- Si se la multiplica por un número (que llamamos factor de cobertura) (usualmente entre 2 y 3) para que cubra mayor número de muestras se la llama **incertidumbre expandida o total**.
- La incertidumbre estándar de una magnitud que se obtiene operando sobre cierto número de otras magnitudes se denomina **incertidumbre combinada**.

Más definiciones. IRAM 35050

Si hay una influencia repetitiva sobre el resultado de la medición que puede ser evaluada cuantitativamente llamaremos a esa influencia **efecto sistemático**.

Si ese efecto es significativo comparado con el resultado de la medición y su incertidumbre, **podremos** aplicar una corrección en el valor medido eliminando su influencia.

Definición de términos. IRAM 35050

- **Error (absoluto)(de medición):** Diferencia entre el resultado de la medición y el valor verdadero del mensurando.
- **Error relativo:** Cociente entre el anterior y el valor verdadero del mensurando.
- **Error sistemático:** Diferencia entre el valor verdadero y la media de un número infinito de mediciones de un mensurando.
- **Error aleatorio:** Diferencia entre la media de un número infinito de mediciones de un mensurando y el valor resultante de una medición.

La norma recomienda **NO USAR** ninguno de estos términos.

Origen de las incertidumbres. Diagrama de Ishikawa



Origen de las incertidumbres. IRAM 35050

- Definición incompleta del mensurando.
- Realización imperfecta de la definición del mensurando.
- Muestreo no representativo.
- Inadecuado conocimiento de las condiciones ambientales.
- Desvíos personales en las lecturas (analógicas).
- Resolución finita del instrumental y sensibilidad.
- Valores inexactos de los patrones.
- Valores inexactos en constantes usadas en cálculos.
- Aproximaciones y suposiciones en el método de medición.
- Variaciones en observaciones repetidas bajo condiciones aparentemente idénticas que no lo son en realidad.

Incertidumbre y tolerancia

No debemos confundir incertidumbre de una magnitud con tolerancia.

En términos generales la incertidumbre tiene que ver con la "calidad" con que obtenemos la magnitud de un mensurando mientras que se entiende que la tolerancia tiene que ver con los valores que **permitimos** (según nuestras necesidades) pueda tener ese mensurando.

Existen normas internacionales que refieren a la **relación que debe haber entre ellas** en distintas aplicaciones.

En sistemas mecánicos, por ejemplo, usualmente se pide que las incertidumbres sean entre 3 y 10 veces menores que la tolerancia. En algunos campos esos valores no son alcanzables.

Clasificación de las incertidumbres

Según como se la evalúe, las incertidumbres pueden agruparse en dos **categorías o TIPOS**:

- ▶ **A:** La que se evalúa por medio de métodos estadísticos. La **caracteriza** la varianza (o su raíz el desvío estándar) que se estima a partir de una función distribución que depende de la distribución de frecuencias estadística y el número de grados de libertad.
- ▶ **B:** La que se **evalúa por "otros medios"**. La caracteriza un número que será una **aproximación a la** varianza indicada por esos medios. La función distribución es supuesta o informada por esos otros medios.

Ejemplos de "otros medios":

- Datos de mediciones previas.
- Experiencia, conocimiento de materiales o instrumentos.
- **Especificaciones del fabricante del instrumental.**
- Datos obtenidos de reportes de calibración.

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre estándar

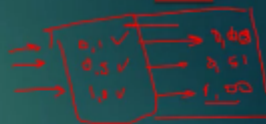
- En su evaluación se utiliza:

- Especificaciones del fabricante.
- Resultado de calibraciones.
- Experiencia, conocimiento de materiales de referencia o instrumentos.
- Datos obtenidos de reportes de calibración.

Veamos un ejemplo:

Supongamos que el fabricante nos indica que de acuerdo a la lectura obtenida el máximo valor posible del mensurando es B y el mínimo es A.

Nos está indicando con esos valores la "incertidumbre expandida" y si no se explicita lo contrario se asume implícitamente que declara una función de distribución rectangular.



El resultado de la calibración me dice cuanta incertidumbre tiene mi instrumento con respecto a un valor patron de referencia. Me sirve para poder corregir mis mediciones y conocer el valor verdadero aunque no se use.

El fabricante pone una incertidumbre mejor al verdadero valor de incertidumbre de medicion, se puede corregir el valor con esta incertidumbre

Con la incertidumbre expandida conocemos que el valor verdadero esta dentro de ese entorno: función prob uniforme

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre estándar

Recordemos que la esperanza matemática y la varianza para una función distribución $f(x)$ son:

$$E(x) = \int x f(x) dx$$

$$V(x) = \int x^2 f(x) dx$$

Si normalmente la función distribución $f(x)$ es "rectangular" significa que:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B-A} & A \leq x \leq B \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

Aplicando las anteriores:

$$E(x) = \int_A^B x f(x) dx = \frac{B+A}{2} \text{ que será el valor que asignaremos al mensurando}$$

$$V(x) = \int_A^B x^2 f(x) dx = \frac{(B-A)^2}{12} \text{ y la incertidumbre estándar será la raíz de la varianza:}$$

$$U(x) = \sqrt{\frac{(B-A)^2}{12}} = \frac{B-A}{\sqrt{12}} = \frac{B-A}{2\sqrt{3}}$$

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre estándar

Normalmente especifica un entorno Δ en donde estará el valor del mensurando con "seguridad" (\approx incertidumbre expandida).

Usando la nomenclatura anterior resulta que:

$$B-A=2\Delta$$

Y siendo la incertidumbre será la raíz de la varianza:

$$\Delta = \sqrt{3} U$$

La incertidumbre estándar queda definida por esa "especificación" dividida por un número que depende de la función de distribución asumida:

Distribución	divisor	
Rectangular	$\sqrt{3}$	(La más usual)
Triangular	$\sqrt{6}$	
U	$\sqrt{2}$	

Incertidumbre expandida B

Si la especificación fuera la incertidumbre estándar se proceder al revés multiplicando por el factor de cobertura.

Si la distribución es rectangular los valores serán:

K	Probabilidad de caer en el intervalo
1	57,7%
1,65	95%
1,71	99%

Habitualmente la incertidumbre expandida indicada en la norma ES el valor especificado directa o indirectamente por el fabricante.

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre

Ejemplo:
Se midió una corriente de 11.342 mA.
Con un equipo cuyas especificaciones se acompañan.
Se midió a 23 grados centígrados.

$$I = 11.342 \text{ mA} \pm 0.022 \text{ mA}$$

Todas las especificaciones están garantizadas, a menos que se indique de lo contrario, para una temperatura de 23°C $\pm 5^\circ\text{C}$, a menos de un 90% de humedad relativa.

Cuadro 8: Características de corriente de CC

Características	Descripción
Voltaje de carga	5 mA a 5 A; 0.3 V máx. 10 A; 0.5 V máx.
Porcentaje de 4-20 mA (calculado en un rango de 53 mA)	4 mA = 2% 20 mA = 100%
Tiempo de establecimiento	4 lecturas (habitual)
Frecuencia de lectura	5,000 ct.: 4 lecturas por segundo 50,000 ct.: 1 lectura por segundo

Cuadro 9: Rango, resolución y precisión de corriente de CC

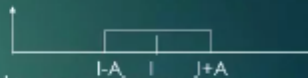
Rango	Resolución		Precisión $C \times 2$	
	5,000 conteos	50,000 conteos	TX1	TX3
500 μA	100 nA	10 nA	$\pm (0.2\% + 4 \text{ conteos})$	
5 mA	1 μA	100 nA	$\pm (0.2\% + 2 \text{ conteos})$	
50 mA	10 μA	1 μA		
500 mA	100 μA	10 μA		
5 A	1 mA	100 μA	$\pm (0.4\% + 2 \text{ conteos})$	
10 A para 3 minutos (15 A para 30 seg.)	10 mA	1 mA	$\pm (0.5\% + 2 \text{ conteos})$	
Coficiente de temperatura	Se suma $(0.05\% \pm 0.1\% \text{ por } 1^\circ\text{C})$ al exceso del rango de temperatura más alta.			

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre

Si se midió $I = 11.342 \text{ mA}$ y se especifica $\pm (0.2\% + 2 \text{ conteos})$

2 conteos = 0,002mA

0.2% de lectura = 0,0227 mA



La incertidumbre expandida será la suma de ambos:

$$\Delta I = A \pm 0.025 \text{ mA}$$

La incertidumbre estándar se calculará:

$$V(x) = \frac{(2A)^2}{12}$$

$$V(x) = \frac{A^2}{3}$$

Varianza

$$u_j = s_j = \sqrt{V(x)} = \sqrt{\frac{A^2}{3}} = \frac{A}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre estándar.
Reemplazando A por su valor 0.025mA:

Medición combinada

En muchos casos el mensurando Y no se mide directamente, sino que se **determina a partir de otras N magnitudes** de entrada $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_N) \quad (1)$$

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ pueden a su vez depender de otras magnitudes, incluyendo factores de corrección por efectos sistemáticos, etc..

f puede ser una ley física o podría determinarse experimentalmente.

Medición combinada

Una estimación del mensurando Y denominado y se obtiene de (1) usando como magnitudes de entrada $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ para los valores de las N **magnitudes $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$**

$$y = Y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(X_{1,k}, X_{2,k}, X_{3,k}, \dots, X_{N,k})$$

y se toma como media aritmética de n determinaciones de independientes de Y

$$y = f(\overline{X_1}, \overline{X_2}, \overline{X_3}, \dots, \overline{X_N})$$

Medición combinada

La desviación estándar estimada, asociada con la estimación del resultado de la medición se denomina INCERTIDUMBRE ESTANDAR COMBINADA $u_c(y)$.

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j).$$

Cuando hay dos variables correlacionadas.